

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
10. Oktober 2002 (10.10.2002)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 02/079974 A2**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **G06F 9/40**

(21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/DE02/01014**

(22) Internationales Anmeldedatum:  
20. März 2002 (20.03.2002)

(25) Einreichungssprache: **Deutsch**

(26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch**

(30) Angaben zur Priorität:  
101 15 694.4 29. März 2001 (29.03.2001) DE  
101 47 740.6 27. September 2001 (27.09.2001) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE];**  
Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **HEIDEMANN,  
Lueder [DE/DE];** Bonhoefferweg 11, 91058 Erlangen  
(DE). **SEYBOLD, Hansjürgen [DE/DE];** Heindelstrasse  
7, 91056 Erlangen (DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: **SIEMENS AKTIENGE-  
SELLSCHAFT;** Postfach 22 16 34, 80506 München  
(DE).

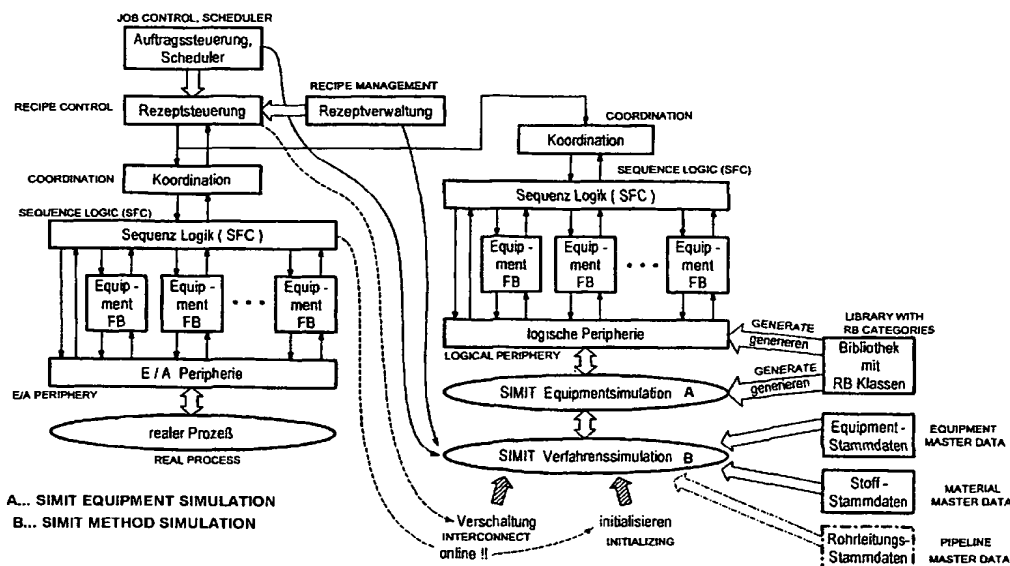
(81) Bestimmungsstaat (national): **US.**

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,  
BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC,  
NL, PT, SE, TR).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: **METHOD AND DEVICE FOR AUTOMATICALLY GENERATING SIMULATION PROGRAMS**

(54) Bezeichnung: **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR AUTOMATISCHEN ERSTELLUNG VON SIMULATIONS-  
PROGRAMMEN**



(57) Abstract: In order to automatically generate simulation programs, basic program operations of a real program are made available in the recipe management. Furthermore, process parameters of the real process are made available in the sequence logic (SFC). The basic program operations are automatically linked to the process parameters in order to simulate the method, whereby a simulation model is generated that is initialized according to the real process. Method simulation is advantageously controlled simultaneously by the process control system of the real process. Parallel running of the real process with the simulation process enables effective monitoring and improved maintenance management.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 02/079974 A2

**Erklärungen gemäß Regel 4.17:**

- hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii) für die folgenden Bestimmungsstaaten europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR)
- Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv) nur für US

**Veröffentlicht:**

- ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

---

**(57) Zusammenfassung:** Zur automatischen Erstellung von Simulationsprogrammen werden Programmgrundoperationen in der Rezeptverwaltung eines realen Prozesses bereitgestellt. Darüber hinaus werden Prozessparameter des Realprozesses in der Sequenzlogik (SFC) bereitgestellt. Zur Verfahrenssimulation werden die Programmgrundoperationen mit den Prozessparametern automatisch verknüpft, wodurch ein Simulationsmodell entsteht, das gemäß dem realen Prozess initialisiert ist. Die Verfahrenssimulation wird günstiger Weise durch das Prozessleitsystem des realen Prozesses mitgesteuert. Der Parallelablauf des realen Prozesses mit dem Simulationsprozess ermöglicht eine wirkungsvolle Überwachung und ein verbessertes Instandhaltungsmanagement.

## Beschreibung

Verfahren und Vorrichtung zur automatischen Erstellung von Simulationsprogrammen

5

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Erstellen von Simulationsprogrammen nach dem Oberbegriff von Anspruch 1 und insbesondere zur Instandhaltung von Systemen.

10

Üblicherweise werden erforderliche Instandhaltungsmaßnahmen ereignisgesteuert oder zeitgetriggert durchgeführt. Bei ereignisgesteuerten Instandhaltungsmaßnahmen wird eine Prozesskomponente ausgetauscht oder repariert, wenn diese ausgefallen ist. Demgegenüber werden bei zeitgetriggerten Instandhaltungsmaßnahmen in regelmäßigen Zeitabständen Wartungsmaßnahmen durchgeführt, wodurch ein Ausfall der Prozessanlage verhindert werden soll.

15

Die präventive Instandhaltung ist insbesondere bei sehr komplexen Anlagen von herausragender Bedeutung. Der Ausfall beispielsweise einer Produktionsanlage kann sehr hohe Kosten hervorrufen. Daher werden komplexe Anlagen häufig durch Sensoren überwacht, und die Messwerte dafür verwendet, um Instandhaltungsbedarf zu erkennen. Typischerweise werden hierzu Messwerte von Anlagenkomponenten erfasst und während des Prozesses mitgeschrieben. Aus den Veränderungen der Messwerte lassen sich Tendenzen erkennen, die unter Umständen Instandhaltungsmaßnahmen erfordern. So kann beispielsweise der Druck in einer Anlage im Laufe der Zeit ansteigen, was beispielsweise auf eine Verstopfung einer Rohrleitung hinweist. Darüber hinaus können Vibrationen Rückschlüsse auf einen Lagerverschleiß geben oder das Messen des Phasenwinkeldreiecks in einem Antrieb auf einen ungünstigen Schlupf hinweisen. Nicht bei jeder Anlage lassen sich jedoch die einzelnen Komponenten ständig auf Verschleiß und dergleichen überwachen. So kann eine Überwachung beispielsweise bei sehr hohen Prozesstempe-

20

25

30

35

raturen, sehr kompakter Anlagenbauweise oder zu hoher Komplexität von Einzelkomponenten unwirtschaftlich sein.

5 Für das Engineering und testen von Anlagen und Prozessen werden Prozesssimulationsprogramme eingesetzt. Derartige Simulationsprogramme werden von Spezialisten erstellt und an individuelle Bedürfnisse angepasst. Dementsprechend ist es sehr aufwendig, Simulationsprogramme für große Anlagen oder vielschichtige Prozesse zu erstellen.

10

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht somit darin, insbesondere im Hinblick auf Instandhaltungsmaßnahmen das Erstellen von Simulationsprogrammen zu vereinfachen.

15 Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst durch ein Verfahren zum Erstellen eines Simulationsprogramms durch Bereitstellen von Programmgrundoperationen und Bereitstellen von Prozessparametern eines Realprozess, sowie automatisches Verknüpfen der Programmgrundoperationen mit den Prozessparametern zum  
20 Initialisieren des Simulationsprogramms.

Ferner wird die oben genannte Aufgabe gelöst durch eine Vorrichtung zum Simulieren eines Systems mit einer Speichereinrichtung zum Bereitstellen von Programmgrundoperationen und  
25 einer Steuereinrichtung zum Simulieren eines Realprozesses auf der Grundlage der Programmgrundoperationen, sowie einer Einleseeinrichtung zum Einlesen von Prozessparametern des Realprozesses, wobei durch die Steuereinrichtung die Programmgrundoperationen für einen Simulationsprozess mit den Prozessparametern zum Initialisieren des Simulationsprozesses  
30 automatisch verknüpfbar sind.

In vorteilhafter Weise kann durch die Erfindung das Simulationsmodell bzw. -programm automatisch aus dem realen Prozess  
35 abgeleitet werden. Daher bedarf es keines zusätzlichen Engineeringaufwands, wenn die Steuerung der realen Anlage bereits gegeben ist. Damit steigt die Akzeptanz von Anwendern, Simu-

lationsmodelle insbesondere für die Instandhaltung einzusetzen.

Weitere vorteilhafte Weiterbildungen der erfindungsgemäßen Vorrichtung und des erfindungsgemäßen Verfahrens finden sich in den Unteransprüchen.

Die vorliegende Erfindung wird nun anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert, in denen zeigen:

10

Fig. 1 ein Datenflussdiagramm eines realen Prozesses und eines erfindungsgemäßen parallel laufenden Simulationsprozesses;

15

Fig. 2 ein Signalflussdiagramm zum Alarmieren und Vorhersagen von Instandhaltungsbedarf; und

Fig. 3 ein Signalflussplan zur Durchführung von Instandhaltungsmaßnahmen.

20

Die nachfolgend beschriebenen Ausführungsbeispiele zeigen bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung.

25

Fig. 1 zeigt einen schematischen Signalflussplan einer Steuerung eines realen Prozesses in der linken Hälfte des Bildes und eines parallellaufenden Simulationsprozesses in der rechten Hälfte des Bildes. Zur Steuerung des realen Prozesses dient als Ausgangspunkt die Auftragssteuerung bzw. ein sogenannter Scheduler. Mit den Auftragsdaten wird eine Rezeptsteuerung (batch flexible) angesteuert. Aus einer Datenbank, der Rezeptverwaltung, bezieht die Rezeptsteuerung das bzw. die gewünschten Rezepte. Diese Ansteuerung ist sowohl für Stapelverarbeitungsprozesse (batch) als auch für kontinuierliche Prozesse geeignet.

35

Die eigentliche Anlagensteuerung bzw. Automatisierung erfolgt in dem mit „Sequenz Logik“ bezeichneten Block in Fig. 1. Ein

eigener Baustein zwischen der Rezeptsteuerung und der Sequenz Logik sorgt für die Koordination der Befehle hinsichtlich der Semantik.

5 Die Sequenz Logik steht mit mehreren Funktionsblöcken FB in  
Verbindung, die für die Automatisierung der einzelnen Schrit-  
te zuständig sind. Die Sequenz Logik und die Funktionsblöcke  
tauschen dann über eine Eingabe/Ausgabe-Peripherie Befehle  
und Messwerte mit den Prozesskomponenten des realen Prozesses  
10 aus. Als Beispiel eines realen Prozesses könnte ein einfacher  
Produktionsprozess dienen, der in einer vereinfachten Anlage  
durchgeführt wird. Ein Behälter steht mit einem Reaktor über  
ein Rohr in Verbindung. In dem Reaktor befinden sich zwei Ag-  
gregate, ein Rührer und ein Heizaggregat. Der Behälter wird  
15 mit einem bestimmten Stoff gefüllt. Während des Produk-  
tionsprozesses könnte der Reaktor mit dem Stoff aus dem Be-  
hälter gefüllt werden und anschließend den eingefüllten Stoff  
heizen und rühren. Die entsprechenden Verfahrensschritte sind  
Füllen, Heizen und Rühren. Jeder dieser einzelnen Verfahrens-  
20 schritte bzw. Grundoperationen besitzt eine eigene interne  
Sequenz von Befehlsschritten, die in der Sequenz Logik umge-  
setzt wird. Beispielsweise kann der Verfahrensschritt Füllen  
die Befehle umfassen: Überprüfe Zustand der Zellradschleuse,  
öffne Schieber, überprüfe Füllstand usw. In einem Rezept zur  
25 Herstellung einer bestimmten Substanz sind die einzelnen Ver-  
fahrensschritte exakt festgelegt. Ähnlich einem Kochrezept  
enthält das Steuerungsrezept Parameter wie Prozesszeiten,  
Prozesstemperaturen usw. Darüber hinaus wird eine bestimmte  
Abfolge der Verfahrensschritte vorgegeben.

30

In der Sequenz Logik werden die einzelnen Verfahrensschritte  
zur Abfolge gebracht und der jeweilige Anfang und das Ende  
zeitlich festgelegt. Unter Vorgabe der Sequenz Logik überneh-  
men Funktionsbausteine die Einzelsteuerung von Anlagenkompo-  
35 nenten.

In der rechten Seite des Bildes von Fig. 1 ist ein entsprechender Simulationsprozess dargestellt. Wie das reale Prozesssystem besteht das Simulationssystem aus einem Koordinationsbaustein mit nachfolgender Sequenz Logik und Equipment-Funktionsbausteinen. Die Eingabe/Ausgabe-Peripherie des realen Prozesses wird durch eine logische Peripherie simuliert. Der reale Prozess selbst muss zum einen in seinen Komponenten als auch in dem Verfahrensablauf selbst simuliert werden. Die Komponenten werden in einer sogenannten Equipmentsimulation simuliert und die Verfahrenssimulation findet durch geeignete Zusammenschaltung der Equipmentsimulationsbausteine statt.

Aus einer Bibliothek mit RB-Klassen (Reaktionsbausteine) kann die logische Peripherie und die Equipmentsimulation durch einen Semantikmanager automatisch generiert werden.

Equipment-Stammdaten, Stoff-Stammdaten, Rohrleitungs-Stammdaten etc. fließen in die Verfahrenssimulation ein. Equipment-Stammdaten sind beispielsweise der Durchmesser von Behältern, Leistungsmerkmale von Ventilen, Pumpen usw. Stoff-Stammdaten sind Mengen, Körnung usw. des verwendeten Stoffes. Schließlich geben die Rohrleitungs-Stammdaten Abmessungen und sonstige relevante Größen der verwendeten Rohrleitungen wieder. Sämtliche Stammdaten können in Bibliotheken hinterlegt werden.

Der reale Prozess wird nun mit dem Simulationsprozess synchronisiert. Dadurch findet ein Parallellauf beider Prozesse statt, so dass ein unmittelbarer Vergleich der Prozessergebnisse ermöglicht wird. Dabei muss nicht der gesamte reale Prozess simuliert werden, sondern es kann beispielsweise ein besonders kritischer Prozessschritt, der beispielsweise eine ständige Überwachung erfordert, simuliert werden.

Durch die Simulation lassen sich die gesamte Anlage und/oder wesentliche Anlagenteile als virtuelle Anlage nachbilden. Durch das gezielte Nachbilden von Anlagenteilen und das ver-

gleichen der jeweiligen virtuellen und realen Verfahrensschritte lässt sich Instandhaltungsbedarf je nach Größe der Simulationskomponente entsprechend gut lokalisieren. So können beispielsweise kritische Anlagenteile in feinere Verfahrensschritte unterteilt werden, so dass der Instandhaltungsbedarf besser lokalisiert werden kann. Bei unkritischen Anlagenteilen können mehrere Komponenten sowohl beim Vermessen des realen Prozesses als auch bei der Simulation zusammengefasst werden. Stellt sich nun aufgrund des Vergleichs der Resultate von Verfahrensschritten im realen und virtuellen Prozess eine feste Abweichung oder eine zeitlich zunehmende Abweichung heraus, so können entsprechende Instandhaltungsmaßnahmen eingeleitet werden.

Das verfahrenstechnische Verhalten einer Anlage kann untersucht werden, um Instandhaltungsbedarf frühzeitig erkennen zu können. Es wird also beispielsweise nicht die Vibration einer Pumpe gemessen, um Rückschlüsse auf einen Lagerverschleiß ziehen zu können, sondern es wird der Durchfluss gemessen und mit einem simulierten Idealdurchfluss verglichen, um die Alterung der Pumpe erkennen zu können.

In einer Weiterentwicklung könnte auch das Verhalten des in der Anlage befindlichen und verarbeiteten Stoffes simuliert werden. Aus dem simulierten und realen chemischen Umformungsprozess könnten Rückschlüsse auf die Anlage gezogen werden. So könnten beispielsweise Abweichungen im physikalischen Zustand eines Stoffes, z. B. Viskosität, darauf hinweisen, dass ein Kühlgerät defekt ist. Ebenso könnten beispielsweise Abweichungen zwischen simuliertem und gemessenem PH-Wert darauf hindeuten, dass ein Rührer defekt ist.

Ob nun für Diagnosezwecke die physikalischen Parameter des in der Anlage befindlichen Stoffes oder typische Anlagengrößen wie der Durchsatz verwendet werden, ist zweitrangig, solange der Simulationsprozess parallel zum realen Prozess verläuft und Einzelergebnisse von Verfahrensschritten oder Gesamter-



gebnisse der Gesamtverfahren verglichen werden. Für den jeweiligen Vergleich ist es notwendig, dass der Anfang und das Ende eines jeden zu vergleichenden Verfahrensschritts definiert und erkannt wird. Ebenso lassen sich eindeutige Indikatoren für Instandhaltungsbedarf ermitteln. So können beispielsweise unüblich lange Füllzeiten oder auch lange Heizzeiten erkannt werden, die vom normalen Anlagenbetrieb abweichen. Diese Abweichungen müssen nicht zum Ausfall der gesamten Anlage oder zur Produktion von Ausschuss führen, sondern bedeuten unter Umständen lediglich, dass die Anlage nicht am projektierten Optimum fährt.

Je nach Größe der Abweichungen können die entsprechenden Instandhaltungsmaßnahmen durchgeführt werden. So kann bei einer geringen Abweichung zwischen dem realen und dem simulierten Prozess lediglich eine Warnung an das Instandhaltungsteam geleitet werden. Bei größeren Abweichungen könnte eine Störmeldung abgesetzt werden, die einen unmittelbaren Wartungsbedarf signalisiert.

Die Diagnoseinformationen, die man vom Parallellauf des realen und simulierten Prozesses erhält, kann auch zur Optimierung der Anlage verwendet werden. Wird beispielsweise die Anlage mit einer geänderten Rezeptur gefahren, so ändern sich die Verfahrensschritte und/oder deren Reihenfolge. Die Anlagensteuerung bzw. der Scheduler setzt das neue Rezept in Zeitabläufe bzw. Zeitscheiben um. Bei Vielstoffanlagen beispielsweise sind diese Zeitscheiben in Abhängigkeit der verschiedenen Stoffe und Anlagenkomponenten zu koordinieren. Ziel dabei ist, alle Anlagenteile möglichst optimal auszulasten. Um das Scheduling online zu verbessern, kann der Simulationsprozess parallel zum realen Prozess laufen. Dadurch lässt sich eine Optimierung erzielen, ohne dass die Anlage still stehen muss.

Bei großen Anlagen und vielschichtigen Prozessen bedarf die Steuerung des realen Prozesses eines hohen Engineeringauf-

wands. Um diesen Engineeringaufwand für das Simulationsmodell nicht erneut betreiben zu müssen, wird das Simulationsmodell bzw. -programm automatisch erstellt. Dazu werden Grundoperationen, die in der Rezeptverwaltung und der Auftragssteuerung bereitgestellt sind in der Verfahrenssimulation automatisch miteinander verknüpft. Zum Initialisieren des Simulationsprogramms werden die Prozessparameter des Realprozesses von der Sequenzlogik SFC online ausgelesen. Das Simulationsprogramm wird somit automatisch mit den Prozessparametern des Realprozesses ausgestattet, wodurch sich eine exakte physische und zeitliche Nachbildung des realen Prozesses ergibt.

Die Verfahrenssimulation wird günstiger Weise von der Auftragssteuerung des realen Prozesses mitgesteuert. Es kann aber für die Simulation auch eine separate Steuerung vorgesehen werden. Die steuerungstechnische Angliederung an den realen Prozess ist jedoch für ein automatisches Engineering besonders vorteilhaft.

Ein Simulationsmodell ist ferner für das automatische Engineering datentechnisch an die Steuerung des Realprozesses anzupassen. Ein dementsprechend angepasstes generisches Simulationsmodell einer Grundoperation verfügt beispielsweise über einen Satz von Parametern, die sich aus Parametertripeln zusammensetzen. Ein Tripel besteht dabei aus dem Parameter „Stoff(e)“, der produktabhängig ist, dem Parameter „Unit“, der den jeweils verwendeten Behälter definiert, und dem Parameter „Auftrag“, der die jeweils betroffene Stoffmenge definiert. Die Parameter sind aus den Produktionsrezepten bekannt. Das Simulationsmodell wird nun über diesen Satz von Parametern initialisiert, so dass es dem gerade ablaufenden realen Prozess entspricht.

Da die Simulationsmodelle der für die Produktion erforderlichen Grundoperationen unabhängig von den für die Produktion erforderlichen Rezepten sind („generisch“) und die Simulation einschließlich ihrer Parameterversorgung vom Prozessleitsys-

tem gesteuert wird, ist für die parallele Simulation kein zusätzlicher Engineeringaufwand erforderlich.

Die Simulationsmodelle werden automatisch aus den Rezepten des realen Prozesses in ihrem Prinzip erstellt. Generell können die Simulationsmodelle aus Semantikprogrammen, Semantikperipheriezuweisungen und/oder verfahrenstechnischen Engineeringdokumenten, d. h. den Informationen, die die virtuelle Anlage zur Beschreibung ihrer Komponenten und deren Zusammenwirken braucht, erstellt werden. Für den automatischen Betrieb werden diese Informationen in die Parametrierung und Verschaltung der virtuellen Anlage umgesetzt.

Wie bereits erwähnt, bedingt ein aussagekräftiger Vergleich zwischen realen und simulierten Prozessschritten eine genaue Synchronisation. Dabei ist auch ein exakter Ausgangspunkt festzulegen, was durch das Initialisieren erfolgt. Wie in Fig. 1 durch eine gestrichelte Linie angedeutet ist, kann das Initialisieren des Simulationsprozesses durch die Sequenz Logik der Originalanlage online gesteuert werden. So kann beispielsweise gewährleistet werden, dass ein Behälter in der Originalanlage und bei der Simulation in einem bestimmten Verfahrensschritt eines bestimmten Rezepts jeweils einen definierten Füllstand hat.

Die einfachen Pfeile in Fig. 1 bedeuten dabei signaltechnische Verknüpfungen oder Aktionsverknüpfungen und die Doppelpfeile Datenverbindungen, die beispielsweise zum Parametrieren und Engineering erforderlich sind.

Fig. 2 zeigt einen schematischen Signalflussplan zur Gewinnung einer Instandhaltungsanforderung aufgrund der Diagnose, die sich aus dem Vergleich zwischen dem realen Prozess und dem parallellaufenden Simulationsprozess ergeben hat. Erläuterungen zu den Bausteinen finden sich in der Tabelle am Ende der Beschreibung.

Fig. 3 zeigt einen Signalflussplan, der die Weiterverarbeitung einer Instandhaltungsanforderung in einem Instandhaltungsmanagement zeigt. Demnach werden Servicemaßnahmen ausgeführt, wenn dies aufgrund einer Informationsbeschaffung, einer Material/Ressourcen-Beschaffung, einer Instandhaltungsplanung und der Instandhaltungsanforderung erforderlich ist. Die Material/Ressourcen-Verwaltung und das Budget wirkt sich dabei auf die Instandhaltungsplanung aus. Darüber hinaus dient das Anlagenmodell zur Informationsbeschaffung.

Tabelle

Komponente	Funktion	Aufgabe
<u>PLC</u>	Logik in TF	<p>Folgemeldungsunterdrückung  Beispiel 1: Ausfall Meldespannung bringt (gleichzeitig) alle Meldungen aus der von der Meldespannung gespeisten Überwachungsschleife („Kontakte“).</p> <p>Beispiel 2: Im Vor-Ort Betrieb (von einem Reparaturschalter aus) müssen Meldungen unterdrückt werden.</p> <p>Bausteinmeldung  Beispiel 1: Rückmeldeüberwachung (Schutzrückmeldung, Drehzahlrückmeldung, Laufzeitmeldung)  Beispiel 2: Betriebsartenumschaltung</p>
	Prozessdatenerfassung	Für übergreifende Logik erforderliche Prozesswerte bereitstellen (eventgetriggert, bei Messwerten auf Änderung mit Totband)
	Logik zwischen TF's	<p>Technologische Überwachung einer PLT Stelle</p> <p>Beispiel 1: Sollwert Sprung auf Regler muss Anstieg des Istwerts zur Folge haben.</p> <p>Beispiel 2: Stellgröße eines Reglers wird größer ohne Sollwertänderung (Ventilsitz Verschleiß).</p> <p>Beispiel 3: Druck- oder Durchflussmessung bei Pumpengruppe</p>

	Nutzungsabhängige Wartung	Schaltspiel-/Laufzeitähler Betriebsstunden bzw. Schaltspiele zählen, bei Überschreiten eines parametrisierten Grenzwerts IH Anforderung erzeugen
	Schnittkettenüberwachung	Zeitüberwachung auf Weiter-schaltbedingung
<u>PDM</u>	Scannen Feldgeräte	Information aus intelligenten Feldgeräten PDM (AMS) scannt die erreichbaren Feldgeräte und transferiert (durch Parametrierung ausgewählte) Meldungen  Lebendüberwachung von intelligenten Feldgeräten PDM (AMS) scannt die projektierten Feldgeräte und erzeugt Meldung, wenn ein projektiertes Gerät nicht erreicht werden kann.
	Soll/Ist Vergleich Projekt	Vergleich Projektierung - as is PDM (AMS) scannt die erreichbaren Feldgeräte und erzeugt Meldung, wenn Projektierung ungleich as is (gelesenes Feldgerät nicht im Projekt).
<u>CBA</u>		
<u>CM</u>	Condition Monitoring	Beispiel 1: Schwingungsüberwachung bei Maschine Beispiel 2: Electrical fingerprint bei Motor Beispiel 3: HISS (Riechen, Hören,

		Schmecken)
<u>HMI</u>	Bedienung von Betriebsart oder Rezeptparametern	Beispiel: Parameter „Regelabweichung“ für Fehlermeldung betriebsartenabhängig
	Alarme	Projektierte Alarme = IH Anforderung
<u>Diag</u>	Anlagenverhalten	Vergleich des aktuellen Anlagenverhaltens mit der Historie Beispiel 1: Wie lange hat es bisher gedauert, Material x in Unit y von m auf n % Füllhöhe zu bringen? Vergleich mit aktuellem Schritt. IH Anforderung über User Aktion mit GUI-Unterschützung. User erzeugt IH Anforderung Erforderlich: Archiv Anlagenverhalten oder (mindestens) parametrisierte Vergleichswerte
	Logik zwischen TF's	Technologische Überwachung eines Anlagenteils Logik oder Regeln übergreifend über mehrere PLT-Stellen (ggf. auf mehreren PLC's)
	Diagnosemeldung	Meldungshäufigkeit Beispiel 1: Bestimmte Meldenummern von einem bestimmten TP werden (interaktiv) „auf Diagnose gesetzt“ und ab dann kontinuierlich überwacht bis eine vermutete Fehlerursache erkannt/analysiert ist. Beispiel 1: Verdacht auf erhöhte Ausfallrate eines Antriebs: Die

		Meldenummern, Schutzrückmeldung und Bimetallmeldung erzeugen eine Diagnosemeldung, wenn pro Schicht mehr als 5 Meldungen auftraten.
	Auswertung Simulation	<p>Ergebnis der Verfahrens-/Equipmentsimulation mit realen Verfahrens/Anlagenergebnissen vergleichen.</p> <p>Regeln zur Entscheidung, wann ein Vergleich zwischen Simulationsergebnis und Ist-Anlage gut/schlecht ist und (bei Verfahrenssimulation) Zuweisung zu asset.</p>
	Auswertung Verhalten	<p>Wert aus Archiv Anlagenverhalten oder aus Anlagenverhalten (mit festen Werten, die bei IBS/Probebetrieb ermittelt werden) vergleichen mit realen Anlagenergebnissen vergleichen.</p> <p>Ansonsten wie oben.</p> <p>Anmerkung: Auswertung Simulation ist vorteilhaft bei Vielzweckanlagen, bei denen die durch die Vielfalt der Produkte/Rezepte ein aussagefähiges Archiv Anlagenverhalten nicht gewährleistet ist. Auswertung Verhalten ist vorteilhaft bei „Einzweck“-Anlagen und Conti-/Semiconti-Anlagen.</p>
<u>Sim</u>	Verfahrenssimulation	<p>Technologische Überwachung von Rezeptschritten</p> <p>SIMIT hat Modelle der Anlagen GO's</p>



		<p>(Rühren, Heizen, Füllen usw.). Jedes einzelne Modell hat Parameter (Stoff-, Unit- und Produktparameter). Die Simulation läuft unter BF Kontrolle (BF gibt den Schrittstart mit dem für den Schritt gültigen Parametersatz und dem Ende-Kriterium (z. B. Endtemperatur 92 °C) an SIMIT. SIMIT startet Simulation und gibt nach Erreichen des Ende-Kriteriums den für die GO definierten Ergebnisparametersatz an Diag.</p> <p>SIMIT beherrscht (noch) keine Stoffumwandlungen, solche Operationen (z. B. „Reaktion“, „Synthese“) müssen durch einfache empirische Gleichungen nachgebildet werden, wenn mehrere GO's in einer „Simulationskette“ durchlaufen werden sollen.</p> <p>Weil dieses Verfahren unter der Kontrolle von BF abläuft, sind keine projektspezifischen Engineeringarbeiten erforderlich. SIMIT braucht „nur“ verfahrens-/projektneutrale Modelle.</p>
	Equipmentverhalten	<p>Technologische Überwachung des Equipmentverhaltens</p> <p>SIMIT hat Modelle des (technologischen) Equipmentverhaltens (z.B. Widerstands-Heizelement mit Zeitverhalten, Wärmeübergang, Wärmefluss im Stoff usw.).</p> <p>Ansonsten sinngemäß wie oben</p>
Arch	Archiv Anlagenver-	Historie des Produkt- und

	halten	<p>Stoff/materialabhängigen Zeitverhaltens von Teilanlagen, Units, Equipments und entsprechende (feste) Parameter.</p> <p>Unterschiedliche Ausprägungen bei Prozess- und diskreter (Fertigungs-) Industrie:</p> <p>Prozessindustrie: Objekte sind Ablaufschritte z. B. Füllen, Heizen usw. und Equipments (S 88), nicht die Objekte des Anlagenmodells z.B. Pumpe, Regelventil usw.</p> <p>Diskrete Industrie: Objekte sind die „Maschinen“ des Anlagenmodells.</p>
--	--------	---

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Erstellen eines Simulationsprogramms durch Bereitstellen von Programmgrundoperationen und Bereitstellen  
5 von Prozessparametern eines Realprozess,

g e k e n n z e i c h n e t d u r c h

- automatisches Verknüpfen der Programmgrundoperationen mit den  
10 Prozessparametern zum Initialisieren des Simulationsprogramms.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das automatische Verknüpfen durch ein Prozessleitsystem erfolgt, das den Realprozess steuert oder regelt.  
15

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei das Bereitstellen der Prozessparameter durch Bereitstellen vordefinierter Datenpakete erfolgt.  
20

4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei die Datenpakete Parametertripel, insbesondere je ein Parameter für eine Stoffart, eine Behälterart und eine Stoffmenge, sind.

- 25 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Prozessparameter aus einem Produktionsrezept des Realprozesses gewonnen werden.

- 30 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Programmgrundoperationen auf der Grundlage von einem oder mehreren Semantikprogrammen, Semantikperipheriezuweisungen und/oder verfahrenstechnischen Engineeringdokumenten der Steuerung des Realprozesses zu dem Simualtionsprogramm zusammengefügt werden.

35

7. Verfahren zum Simulieren eines Realprozesses mit den Verfahrensschnitten nach einem der Ansprüche 1 bis 5 und dem

weiteren Schritt des Steuerns des Simulationsprozesses durch ein Prozessleitsystem des Realprozesses.

8. Verfahren zur Instandhaltung eines Systems durch

5

Ausführen eines Realprozesses in dem System,

Ausführen eines Simulationsprozesses nach Anspruch 7 zeitlich parallel zu dem Realprozess, wobei der Simulationsprozess zu-

10

mindest einen Teil des Realprozesses simuliert, Vergleichen des Simulationsprozesses mit dem Realprozess oder dem Teil davon unter Gewinnen eines Vergleichsergebnisses und

15

Ableiten von Instandhaltungsmaßnahmen aus dem Vergleichsergebnis.

9. Vorrichtung zum Simulieren eines Systems mit

20

einer Speichereinrichtung zum Bereitstellen von Programmgrundoperationen für einen Simulationsprozess und

einer Steuereinrichtung zum Simulieren eines Realprozesses auf der Grundlage der Programmgrundoperationen,

25

g e k e n n z e i c h n e t d u r c h

eine Einleseeinrichtung zum Einlesen von Prozessparametern des Realprozesses, wobei durch die Steuereinrichtung die Programmgrundoperationen mit den Prozessparametern zum Initialisieren des Simulationsprozesses automatisch verknüpfbar sind.

30

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, wobei die Steuereinrichtung in ein Prozessleitsystem, das den Realprozess steuert oder regelt, integriert ist.

35

11. Vorrichtung nach Anspruch 9 oder 10, wobei die Prozessparameter vordefinierte Datenpakete sind.

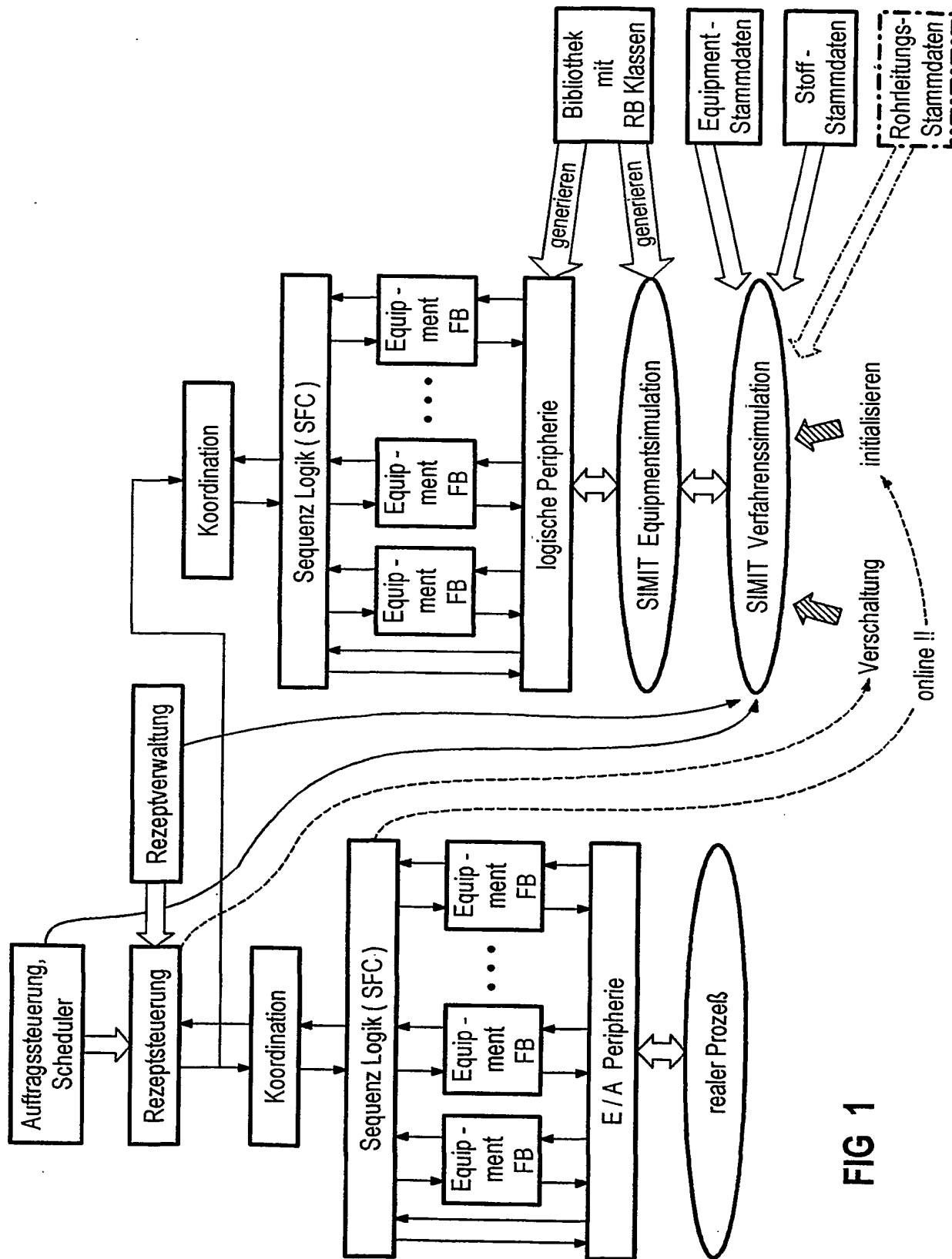
12. Vorrichtung nach Anspruch 11, wobei die Datenpakete Parametertripel, insbesondere je ein Parameter für eine Stoffart, eine Behälterart und eine Stoffmenge, sind.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 12, wobei die Prozessparameter durch die Einleseeinrichtung aus einer Produktionsrezeptspeichereinheit des Realprozesses einlesbar sind.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 13, wobei durch die Einleseeinrichtung eines oder mehrere Semantikprogramme, Semantikperipheriezuweisungen und/oder verfahrenstechnische Engineeringdokumente des Realprozesses einlesbar und durch die Steuerungseinrichtung zum Zusammenfügen der Programmgrundoperationen verwendbar sind.

15. Vorrichtung zur Instandhaltung eines Systems, in dem ein Realprozess ablaufbar ist, mit einer Simulationsvorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 14 zum Simulieren mindestens eines Teils des Realprozesses durch den Simulationsprozess, wobei der Simulationsprozess zeitlich parallel zu dem Realprozess ausführbar ist.





**FIG 1**





2 / 3

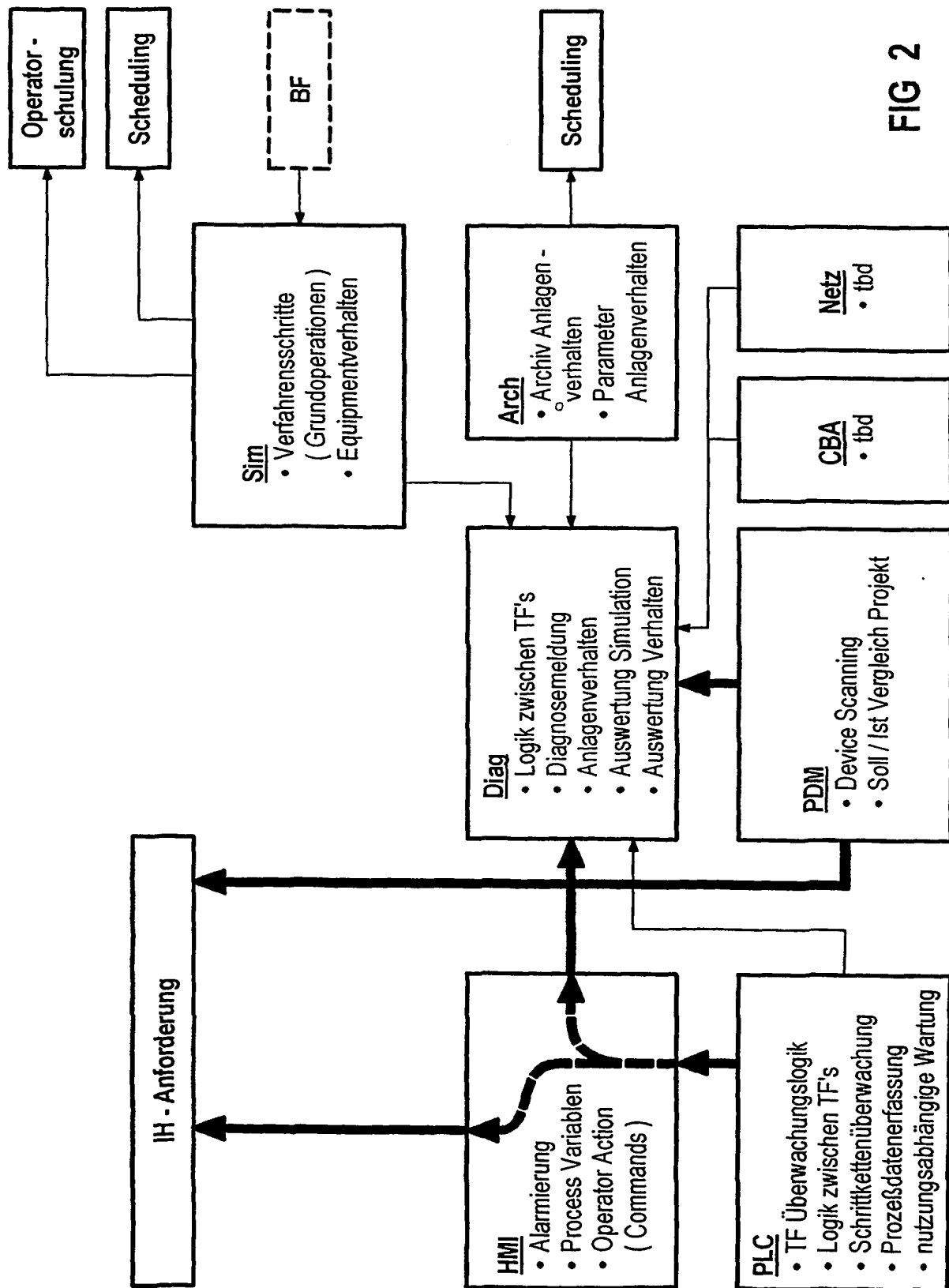


FIG 2



3 / 3

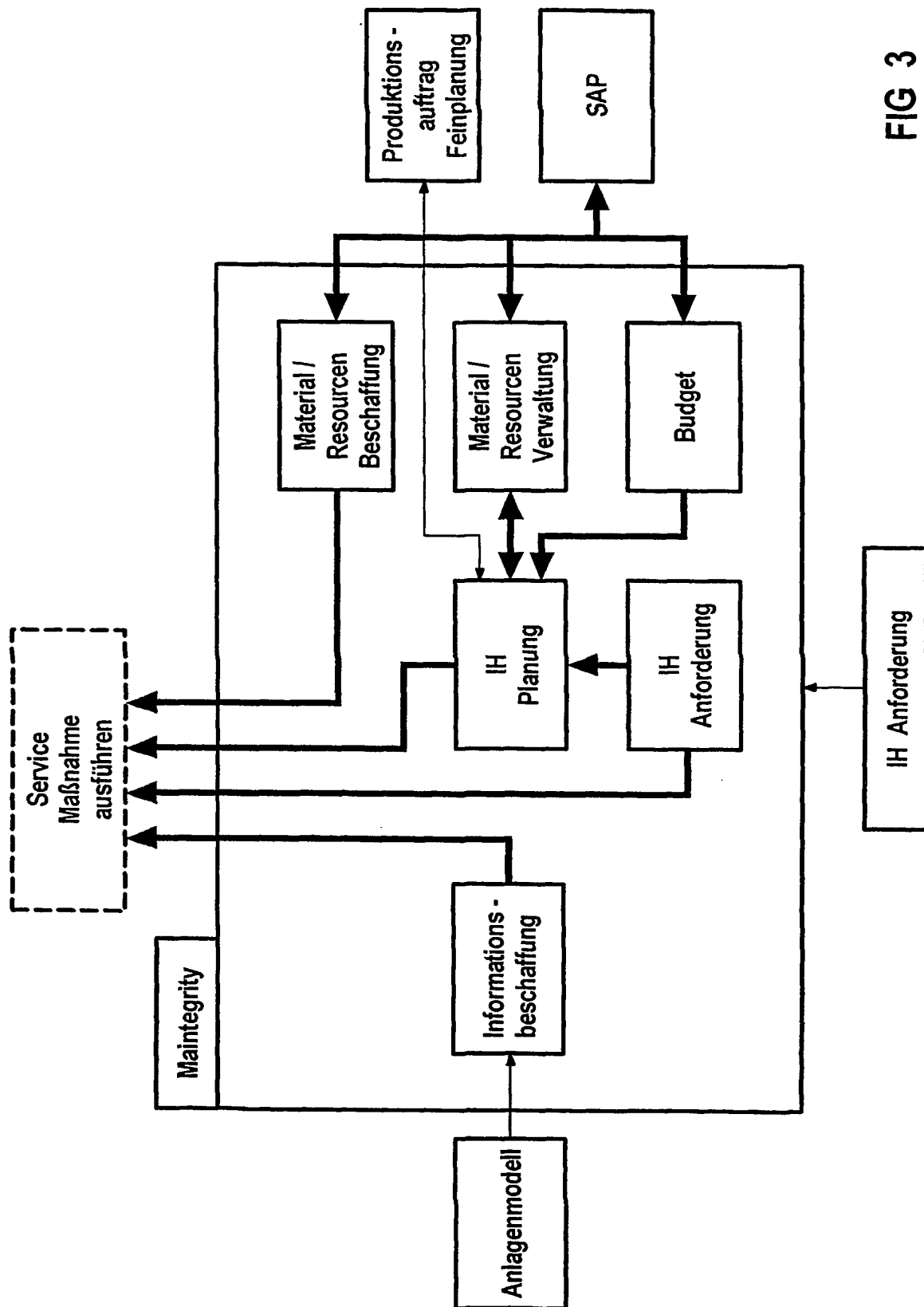


FIG 3

